

中华人民共和国国家标准

GB/T 30574—2021

代替 GB/T 30574—2014

机械安全 安全防护的实施准则

Safety of machinery—Implementation criteria for safeguarding

2021-12-31 发布

2022-07-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	3
4.1 风险评估	3
4.2 实施原则	4
4.3 实施流程	4
5 安全防护方法	5
5.1 一般要求	5
5.2 最小间距防护方法	5
5.3 最大间隙防护方法	5
5.4 安全开口防护方法	5
5.5 安全位置防护方法	5
6 防护装置	5
6.1 一般要求	5
6.2 固定式防护装置	6
6.3 活动式防护装置	6
6.4 可调式防护装置	6
6.5 连锁防护装置	6
7 保护装置	7
7.1 一般要求	7
7.2 连锁装置	7
7.2.1 连锁装置的一般要求	7
7.2.2 带防护锁定的连锁装置	7
7.3 使能装置	7
7.3.1 设计与构造	7
7.3.2 安装、操作与维护	8
7.4 保持-运行控制装置	8
7.4.1 一般要求	8
7.4.2 设计与构造	8
7.4.3 安装、操作与维护	9
7.5 双手操纵装置	9
7.5.1 一般要求	9
7.5.2 安装、操作与维护	10

7.6	敏感保护设备	10
7.6.1	压敏垫与压敏地板	10
7.6.2	压敏边	11
7.7	有源光电保护装置	13
7.7.1	有源光电保护装置的设计与构造	13
7.7.2	安装、操作和维护	14
8	补充保护措施	15
8.1	概述	15
8.2	急停装置	15
8.2.1	急停装置的一般要求	15
8.2.2	设计与构造	16
8.2.3	安装、操作和维护	17
8.3	上锁/挂牌	19
8.4	固定式接近设施	19
8.4.1	一般要求	19
8.4.2	优选的接近设施	19
8.4.3	接近设施的要求	19
8.5	停机性能监控	19
8.6	过程故障的检测和监测设备	20
8.7	零速(监控)装置	20
8.8	安全块、滑动锁、链锁、锁销和限位/闭锁销	20
8.8.1	设计与构造	20
8.8.2	安装与维护	21
8.8.3	检验要求	21
8.9	工件夹具	21
8.10	手持工具	21
9	使用信息	22
9.1	一般要求	22
9.2	安全防护的检验与维护	22
9.3	培训	22
附录 A (资料性)	安全防护的应用场合与特征	23
附录 B (资料性)	安全防护相关的危险清单	24
附录 C (规范性)	与人体部位接近速度相关的最小距离的计算方法	26
参考文献		29

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 30574—2014《机械安全 安全防护的实施准则》，与 GB/T 30574—2014 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 更改了标准的范围(见第 1 章,2014 年版的第 1 章)；
- 更改了规范性引用文件(见第 2 章,2014 年版的第 2 章)；
- 更改了术语和定义的内容(见第 3 章,2014 年版的第 3 章)；
- 删除了“职责”一章(见 2014 年版的第 4 章)；
- 增加了“总则”一章(见第 4 章)；
- 将“危险控制”更改为“风险评估”，更改了风险评估的内容(见 4.1,2014 年版的第 5 章)；
- 删除了“一般要求”一章(见 2014 年版的第 6 章)；
- 更改了安全防护方法的内容(见第 5 章,2014 年版的第 10 章)；
- 更改了防护装置的内容(见第 6 章,2014 年版的第 7 章)；
- 更改了保护装置的内容(见第 7 章,2014 年版的第 8 章)；
- 删除了“警示装置”一章(见 2014 年版的第 9 章)；
- 删除了“安全操作规程”一章(见 2014 年版的第 11 章)；
- 将“补充设备”更改为“补充保护措施”，更改了“补充保护措施”的内容(见第 8 章,2014 年版的第 12 章)；
- 更改了安全防护的使用信息(见第 9 章,2014 年版的第 13 章和第 14 章)；
- 删除了附录 B(见 2014 年版的附录 B)；
- 增加了附录 C(见附录 C)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国机械安全标准化技术委员会(SAC/TC 208)提出并归口。

本文件起草单位：福建省闽旋科技股份有限公司、苏州莱恩精工合金股份有限公司、滁州市精美家电设备股份有限公司、厦门新声科技有限公司、焙之道食品(福建)有限公司、漳州科晖专用汽车制造有限公司、漳州佳龙科技股份有限公司、浙江科雄电子科技有限公司、永康市振兴实业股份有限公司、广东利英智能科技有限公司、四川蜀兴优创安全科技有限公司、佛山市顺德区万怡家居用品有限公司、南京理工大学、泰瑞机器股份有限公司、皮尔磁电子(常州)有限公司、宁波纬诚科技股份有限公司、亚龙智能装备集团股份有限公司、南京林业大学、广东全伟工业科技有限公司、中机生产力促进中心、南安市中机标准化研究院有限公司、中汽认证中心有限公司、上海简户仪器设备有限公司、西安晶中生科技有限公司、福建桥南实业有限公司、立宏安全设备工程(上海)有限公司、江苏强凯检测有限公司、福建兴翼机械有限公司、广东雪莹电器有限公司、森赫电梯股份有限公司、福建佳友茶叶机械智能科技股份有限公司、枣庄市恒祥纸制品有限公司、广东庆合科技有限公司、陕西泛标软件有限公司、义乌市粤鑫模具科技有限公司、泉州市标准化协会、西安新林达数字科技有限公司、黎明职业大学。

本文件主要起草人：陈晓红、庄东建、张秀卓、张霖、余仕湖、薛从福、吴建伟、蔡松华、连昕辉、徐进星、杨毅、秦培均、闻丽君、黄之炯、李斌斌、刘治永、居里锴、陈昌安、王哲维、李勤、朱斌、吴向亮、侯红英、叶根翼、居荣华、赵林祥、陈加友、王光建、魏建鸿、程红兵、谢长花、屠颖剑、李建、付卉青、阮慧渊、金亮、颜国霖、陈红芝、吕洋、李忠、俞波、蔡蕾、郑华婷、姜涛、张群、吴财政、张晓飞。

本文件 2014 年首次发布为 GB/T 30574—2014，本次为第一次修订。

引 言

机械领域安全标准体系由以下几类标准构成：

- A类标准(基础安全标准),给出适用于所有机械的基本概念、设计原则和一般特征；
- B类标准(通用安全标准),涉及在机械的一种安全特征或使用范围较宽的一类安全装置：
 - B1类,安全特征(如安全距离、表面温度、噪声)标准；
 - B2类,安全装置(如双手操纵装置、联锁装置、压敏装置、防护装置)标准；
- C类标准(机械产品安全标准),对一种特定的机器或一组机器规定出详细的安全要求的标准。

根据 GB/T 15706,本文件属于 B类标准。

本文件尤其与下列与机械安全有关的利益相关方有关：

- 机器制造商；
- 健康与安全机构。

其他受到机械安全水平影响的利益相关方有：

- 机器使用人员；
- 机器所有者；
- 服务提供人员；
- 消费者(针对预定由消费者使用的机械)。

上述利益相关方均有可能参与本文件的起草。

此外,本文件预定用于起草 C类标准的标准化机构。

本文件规定的要求可由 C类标准补充或修改。

对于在 C类标准的范围内,且已按照 C类标准设计和制造的机器,优先采用 C类标准中的要求。

在机器的全生命周期内,对于通过本质安全设计无法充分减小的风险,可通过安全防护以及补充保护措施进一步将风险减小到可接受水平。本文件旨在为通过使用安全防护装置或采用安全防护措施进行风险减小的设计和应用提供实施指南。

附录 A 给出了安全防护方法和安全防护装置的应用场合与特征。



机械安全 安全防护的实施准则

1 范围

本文件规定了安全防护总则,采用的安全防护方法和补充保护措施,使用的防护装置、保护装置;并给出了安全防护的使用信息等内容。

本文件适用于机械设备安全防护的设计、构造、安装、检查、实施与维护,亦适用于安全操作规程的编制和相关方人员的培训。

本文件未规定对于特定用途选择安全防护的要求,这些要求通常在 C 类标准中予以规定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 8196—2018 机械安全 防护装置 固定式和活动式防护装置的设计与制造一般要求
- GB/T 12265—2021 机械安全 防止人体部位挤压的最小间距
- GB/T 15706—2012 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小
- GB/T 16754—2021 机械安全 急停功能 设计原则
- GB/T 16855.1—2018 机械安全 控制系统安全相关部件 第 1 部分:设计通则
- GB/T 17454.1—2017 机械安全 压敏保护装置 第 1 部分:压敏垫和压敏地板的设计和试验通则
- GB/T 17454.2—2017 机械安全 压敏保护装置 第 2 部分:压敏边和压敏棒的设计和试验通则
- GB/T 17888.2 机械安全 接近机械的固定设施 第 2 部分:工作平台与通道
- GB/T 17888.3 机械安全 接近机械的固定设施 第 3 部分:楼梯、阶梯和护栏
- GB/T 17888.4 机械安全 接近机械的固定设施 第 4 部分:固定式直梯
- GB/T 18831—2017 机械安全 与防护装置相关的联锁装置 设计和选择原则
- GB/T 19671—2005 机械安全 双手操纵装置 功能状况及设计原则
- GB/T 19876—2012 机械安全 与人体部位接近速度相关的安全防护装置的定位
- GB/T 23821 机械安全 防止上下肢触及危险区的安全距离
- GB/T 33579—2017 机械安全 危险能量控制方法 上锁/挂牌

3 术语和定义

GB/T 15706—2012 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

安全防护 safeguarding

使用安全防护方法、安全防护装置(3.3)保护人员的保护措施,这些保护措施使人员远离那些不能合理消除的危险或者通过本质安全设计措施无法充分减小的风险。

[来源:GB/T 15706—2012,3.21,有修改]

3.2

安全防护措施 safeguarding measure

通过采用距离、束缚、开口的设置或机器及机器生产系统的定位,限制人员不能触及危险区以保护人员免受伤害的保护方式或方法。

3.3

安全防护装置 safeguard

防护装置(3.10)或保护装置(3.7)。

[来源:GB/T 15706—2012,3.26]

3.4

安全功能 safety function

失效后会立即造成风险增加的机器功能。

[来源:GB/T 15706—2012,3.30]

3.5

安全开口防护方法 safe-opening safeguarding method

通过开口尺寸或关闭入口以限制人员进入到机器内部的危险区的安全防护措施(3.2)。

3.6

安全位置防护方法 safe-location safeguarding method

通过物理位置防止人员接近或进入危险区的安全防护措施(3.2)。

3.7

保护装置 protective device

防护装置(3.10)以外的安全防护装置(3.3)。

[来源:GB/T 15706—2012,3.28]



3.8

存在感应装置 presence-sensing device

产生感应场、区域或平面,用于探测是否有人员或物体存在的装置。

示例:光电、射频或区域扫描装置。

3.9

防护锁定装置 guard locking device

预定用于将防护装置(3.10)锁定在关闭位置并与控制系统相连的装置。

[来源:GB/T 18831—2017,3.4]

3.10

防护装置 guard

设计为机器的组成部分,用于提供保护的物理屏障。

注 1: 防护装置可以:

——单独使用。对于活动式防护装置,只有“闭合”时才有效;对于固定式防护装置,只有处于“牢固的固定就位”才有效。

——与带或不带防护锁定的联锁装置结合使用。在这种情况下,无论防护装置处于什么位置都能起到防护作用。

注 2: 根据防护装置的结构,可称作外壳、护罩、盖、屏、门和封闭式防护装置。

[来源:GB/T 15706—2012,3.27]

3.11

屏蔽 blanking

使感应装置的一部分敏感区不起作用。

3.12

旁路 bypass

使控制系统或安全防护装置(3.3)的安全相关功能不起作用。

注：旁路安全装置的设置或安全功能的执行是由手动完成的，通常需要额外的保护措施，区别于抑制功能。

3.13

循环 cycle

从初始启动位置或状态返回到同一启动位置或状态的一个完整运动或过程。

示例 1：液压机的活塞从初始位置运行到其工作行程的极限位置再返回到初始位置。

示例 2：铣床从装夹工件开始切削加工，至加工完成后卸除工件的整个过程。

3.14

压敏边 pressure-sensitive edge

由一个(或一组)能感应所接触到的人体或人体部位的传感器、一个控制单元和一个或多个输出信号开关装置组成的“机械驱动脱扣”类敏感保护设备。

注：压敏边用于感测人体或人体部位接触其有效敏感区时产生的局部变形，并将此变形量转换成电信号输送给机器的控制系统使机器执行安全功能操作。

[来源：GB/T 17454.2—2017, 3.1, 有修改]

3.15

压敏垫 pressure-sensitive mat

由一个(或一组)能感应所施加压力的传感器、一个控制单元和一个或多个输出信号开关装置组成的敏感保护设备。

注：压敏垫用于感测站立在或踩踏到该垫上的人员。

[来源：GB/T 17454.1—2017, 3.1, 有修改]

3.16

抑制 muting

由控制系统安全相关部件(SRP/CS)实现的安全功能(3.4)临时性自动暂停。

[来源：GB/T 16855.1—2018, 3.1.8]

3.17

最小距离 minimum distance**S**

通过计算得到的防止人或人体部位在机器达到安全状态前进入危险区所必需的安全防护装置和危险区之间的距离。

注：对于不同的状态和不同的接近方式，计算得到的最小安全距离可能也不相同，但是选择防护装置位置时，采用这些最小距离中的最大值。

[来源：GB/T 19876—2012, 3.1.9]

4 总则**4.1 风险评估**

实施安全防护之前，应按 GB/T 15706—2012 中第 5 章对机械的危险以及与实施安全防护相关的危险进行风险评估。

与实施安全防护相关的危险清单见附录 B。

实施安全防护后，可能还会产生额外的和/或新的危险，但这类危险可能并不是源于安全防护本身。

4.2 实施原则

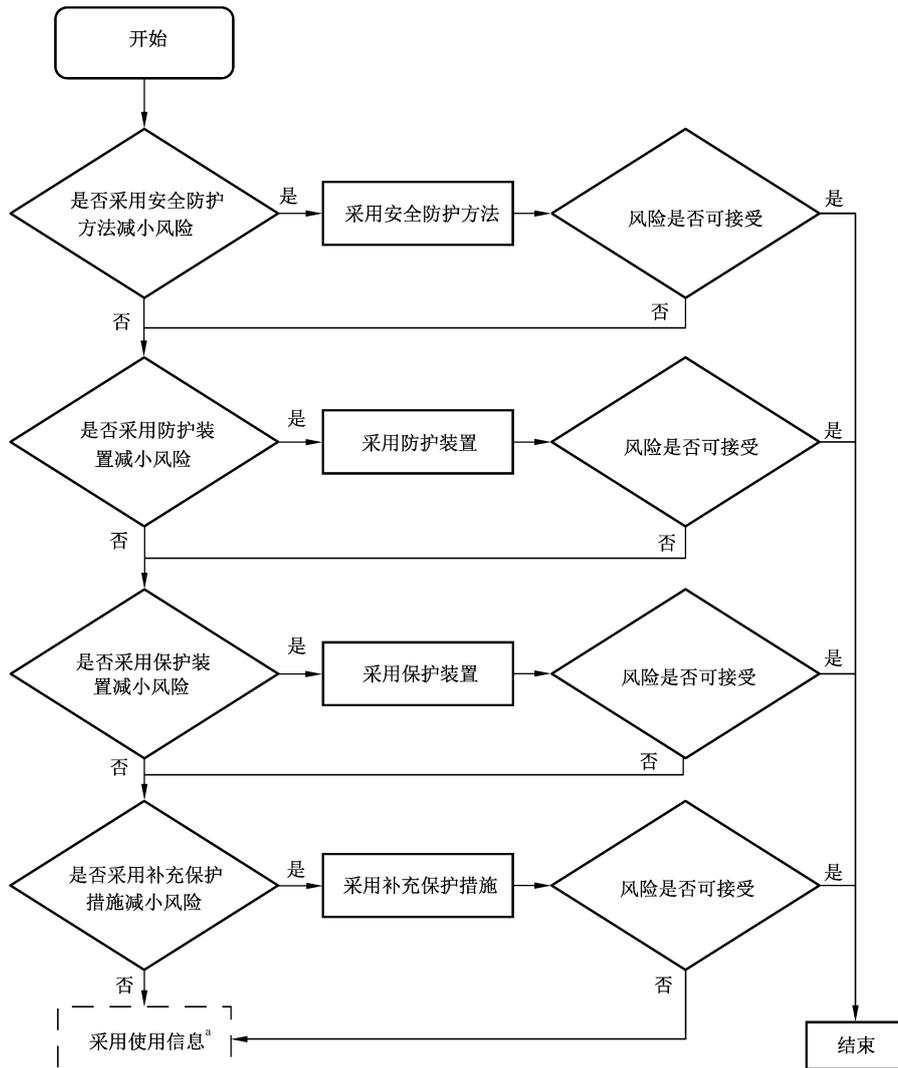
安全防护的实施应遵循隔离原则和停止原则。通常优先选用隔离原则,当隔离不能实现充分减少风险时,可选用停止原则或同时使用隔离原则和停止原则。

注 1: 隔离原则是指通过物理屏障(如防护罩、围栏等隔离物)在空间上使人体或人体部位无法接近或进入危险区。

注 2: 停止原则是指在人体或人体部位进入危险区之前,触及/触发安全防护装置(如联锁装置、压敏垫、光幕、双手操纵装置等)使机器的危险运动停止。

4.3 实施流程

安全防护宜按照图 1 给出的流程实施。



^a 见 GB/T 15706—2012 中 6.4。

图 1 实施安全防护的流程

5 安全防护方法

5.1 一般要求

通常可采用的安全防护方法有：

- 最小间距防护；
- 最大间隙防护；
- 安全开口防护；
- 安全位置防护等。

考虑到其他人员的安全防护,采用安全防护方法进行防护时,可能还需要采取其他安全防护措施。

对于安全防护方法的使用,应对相关人员进行培训,使其均知晓如何正确运用/使用相关的安全防护方法。

5.2 最小间距防护方法

最小间距防护方法只应用于消除挤压危险或减小挤压危险产生的风险。

采用最小间距防护方法时,要求如下：

- a) 最小间距应是挤压表面之间最短的距离；
- b) 针对人体及不同人体部位的最小间距应符合 GB/T 12265—2021 中表 1；
- c) 如果人体多个部位都存在挤压危险,则应采用最大的人体部位尺寸来确定最小间距。

5.3 最大间隙防护方法

最大间隙防护方法用于防止指尖触及危险区。

采用最大间隙防护方法时,要求如下：

- a) 最大间隙应是相邻表面之间的最大距离；
- b) 最大间隙不应超过 4 mm。

5.4 安全开口防护方法

当工件被视为安全防护的一部分时,任何开口都应防止人员触及已识别的危险。

采用安全开口防护方法时,要求如下：

- a) 当工件到位时,剩下的开口应足够小,以防止操作者的任何身体部位进入危险区；
- b) 如果因工件不到位而可以接近危险区时,则应采取措施防止工件不到位时启动机器循环。这类措施应达到风险评估确定的风险减小水平。

5.5 安全位置防护方法

安全位置的确定应根据附录 C 计算得出。

采用安全位置防护方法时,要求如下：

- a) 对于从工作平面无意中接近危险区的情况,应使得危险区足够高和/或足够远；
- b) 如果已识别的危险的位置明确,则应采用封闭、隔离等方式限制接近危险区。

6 防护装置

6.1 一般要求

防护装置的设计、构造及选择应符合 GB/T 8196—2018 中第 5 章~第 7 章的有关规定。

如果需要观察危险区,则应根据风险评估结果,选择足够强度的透明防护装置或者金属网。选择金属网时,金属网的颜色应比被观察区的颜色深,如金属网选择黑色。

机器修理、改造或移动位置之后,应按照 GB/T 15706—2012 中第 5 章重新进行风险评估,确保修理、改造或重新安装的防护装置仍然有效。

6.2 固定式防护装置

6.2.1 在操作机器或发生危险之前,应确保固定式防护装置已正确安装。

6.2.2 固定式防护装置的固定方式应与具体应用场合相适应,常用的固定方式包括焊接、粘接或使用紧固件连接等。

6.2.3 如果选用紧固件固定,为确保只能通过专用工具才能拆卸固定式防护装置,不应采用一字螺钉、十字螺钉、蝶形螺母、卡扣等可通过普通工具就能打开的紧固件。

6.2.4 对于通过紧固件固定的固定式防护装置(如防护罩),应采取措施确保在拆除固定式防护装置之后,紧固件始终保留在固定式防护装置上。宜采用 GB/T 8196—2018 中附录 A 给出的防脱式紧固件。

6.3 活动式防护装置

6.3.1 对于活动式防护装置的活动部分,如果其打开后可接近危险区,则应采取以下措施:

- a) 活动部分联锁,此时活动式防护装置应满足联锁防护装置的要求;
- b) 牢固固定并防止未经授权的改装。

如果不能联锁或防止未经授权的改装,则活动式防护装置的固定方式应与具体的应用场合相适应,且能将风险减小至风险评估确定的可接受水平。

6.3.2 活动式防护装置不应朝向危险或危险区打开。

6.4 可调式防护装置

6.4.1 可调式防护装置应:

- 随时可调;
- 在给定操作期间,保持调整后的状态;
- 在操作机器或发生危险之前,正确安装和调整;
- 只有经过授权才能调整。

6.4.2 可调式防护装置的操作者和维护人员应经过培训,并应了解可调式防护装置的用途。

6.5 联锁防护装置

6.5.1 联锁防护装置应不能自主关闭并激活联锁回路,若是以弹簧的弹力使防护装置保持打开状态,则联锁回路的设计应通过人工手动重启。

6.5.2 联锁防护装置关闭时,联锁装置不应触发机器的危险运动,只应在手动重启之后才能触发。

6.5.3 联锁防护装置打开时,应立即触发停机指令。联锁防护装置应能始终防护着其所防护的危险状态,直至联锁防护装置关闭为止。

6.5.4 联锁防护装置的联锁装置应符合 7.2 的规定。

6.5.5 在危险状态终止之前,应防止联锁防护装置被打开;并且在联锁防护装置打开时,确保人员在危险状态终止之前,无法触及危险区。

6.5.6 如果联锁防护装置采用的是带防护锁定的联锁装置,则该联锁装置应符合 7.2.2 的规定。

6.5.7 联锁防护装置应至少有一个强制断开模式的联锁装置。

7 保护装置

7.1 一般要求

保护装置的安全功能应通过机器控制系统安全相关部件来实现。

控制系统安全相关部件(SRP/CS)的性能等级(PL)和类别应符合 GB/T 16855.1—2018 中 4.5 和第 6 章的规定。有关确定 SRP/CS 所需性能等级(PL_r)的示例见 GB/T 16855.1—2018 中附录 A。

7.2 联锁装置

7.2.1 联锁装置的一般要求

7.2.1.1 联锁装置的设计和选择应符合 GB/T 18831—2017 中第 5 章和第 6 章的规定。

7.2.1.2 除非联锁装置仅用于防止意外启动,否则联锁装置安装和运行应确保在达到安全状态之前,人员不能从上方、下方或周围接近危险区。

7.2.1.3 联锁装置及其操动件(如果有)应牢固安装,确保其位置不变,并防止未经授权的改装。

7.2.1.4 联锁装置及其操动件不应作为对准机构、机械停机装置或行程末端停机装置,除非联锁装置专门设计用于此类用途。

7.2.1.5 防护装置、围栏、机器运动部件在接近或者被拆除而允许接近危险区时,应启动联锁装置并触发保护停机指令,直至防护装置、围栏或机器部件被恢复到原位。

7.2.1.6 应对联锁装置进行维护,如检查联锁装置本体或操动件是否损坏、凸轮位置是否变动等,以确保其能正确实现联锁功能。

7.2.2 带防护锁定的联锁装置

7.2.2.1 防护锁定装置应能防止接近危险区,以及触发解锁指令或释放锁定构件。

7.2.2.2 应通过以下方式产生防护锁定装置的解锁信号,例如:

- 零速断路器;
- 安全状态监控系统;
- 来自安全控制/驱动控制的信号;
- 计时器。

7.2.2.3 若风险评估结果认为有必要,应采取在被防护区内部解锁的措施,如逃生解锁。

7.2.2.4 “动力解锁”装置应具备与动力无关的解锁措施。

7.3 使能装置

7.3.1 设计与构造

7.3.1.1 使能装置的设计与构造应确保当人员处于危险区时,机器能够进行有限的受控运动。

7.3.1.2 启动使能装置所需的力/压力本身不应产生危险。

使能装置的设计和构造不应产生下列危险:

- 切割、刺破;
- 挤压;
- 辐射;
- 电磁干扰;
- 电击。

7.3.1.3 使能装置的设计和安装应遵循人类工效学原则(力、姿势等)。

7.3.1.4 使能装置应采用三个位置,并应在连续按下其中间使能位置时允许机器运行。使能装置的释放或压过其中间使能位置时,应触发危险运动或情况的即时停机指令。

使能功能只应从位置 1 开动到位置 2 时才能激活。

注:位置 1(释放或未操作)处于关闭状态,位置 2(中点)处于开启状态,位置 3(操作过中点)处于关闭状态。当从位置 3 返回到位置 2 时,不启用此功能。

7.3.1.5 使能装置不应受环境条件的影响。

7.3.1.6 使能装置的元件、组件和模块的设计和构造应达到风险评估确定的风险减小水平。

7.3.2 安装、操作与维护

7.3.2.1 使能装置在安装、操作和维护时应遵循制造商的建议正确操作。

对于使能装置作为安全防护被旁路时的补充防护措施,应确保只有经过培训并具有资质的人员按照安全操作规程才能操作使能装置。

7.3.2.2 使能装置的选择应防止:

- 未经授权的选择;
- 在使用中取消选择使能装置。

7.3.2.3 机器控制系统应确保只有一个驱动控制器或工位在使用使能装置时能启动机器运行。

注:使能装置不启动机器运动,其功能只是启动驱动控制器或在工位启动,以限制机器功能发生意外的可能性。

7.3.2.4 对于多人处于危险区的场合,如果采用使能装置对其进行安全防护,则每个人均应配备各自的使能装置。此外,每个选定的使能装置在能够启动机器运动前应同时操作,且需要释放并再次操作所有选定的使能装置才能启动机器运动。

7.3.2.5 应确保每个使能装置都遵循制造商的建议和用户制定的规程进行检验、检查或调整。所有必要的调整、维修和维护均应在启动机器运动前完成。

7.3.2.6 当使能装置在机器循环过程中被中断时,使能装置应向机器控制系统发出即时停机指令。在机器开始或继续运动以前应以正常启动方式重新启动。

7.3.2.7 使机器回到正常模式的控制装置应设置在危险区以外,确保不能在危险区内触及,并且在危险区内没有人员存在以前不应回到机器的正常模式。

7.4 保持-运行控制装置

7.4.1 一般要求

7.4.1.1 保持-运行控制装置适用的工作条件如下:

- 保持-运行控制装置是危险运动的唯一控制装置;
- 暴露于危险状态中的人员使用的保持-运行控制装置;
- 用于安全防护的保持-运行控制装置。

注:保持-运行控制装置典型应用是与其他补充设备和措施或其他方法(如减速、降低功率/力、分步操作等)联用以减小风险。

7.4.1.2 当保持-运行控制装置与其他补充设备、补充措施或安全防护装置(如双手操纵装置、使能装置等)联用时,保持-运行控制装置应仅作为逻辑装置,不应作为控制系统安全相关部件中执行安全功能的部件使用。

7.4.1.3 保持-运行控制装置应需要连续驱动来实现操作。当释放保持-运行控制装置时应启动即时停机指令。

7.4.1.4 保持-运行控制装置本身不应对人产生伤害。

7.4.2 设计与构造

7.4.2.1 保持-运行控制装置可设计为下列装置,例如:

- 瞬时按钮；
- 脚踏开关；
- 人机界面；
- 满足 7.4 要求的其他控制装置或部件。

7.4.2.2 保持-运行控制装置的设计和构造不应存在和产生诸如下列等危险：

- 切割、刺破和挤压；
- 电磁干扰；
- 电击；
- 持续操作的人类工效学问题(力、姿势等)。

7.4.2.3 保持-运行控制装置不应受到环境条件的影响。

7.4.2.4 保持-运行控制装置的元件、组件或模块的设计和构造应符合风险评估确定的性能等级。

7.4.3 安装、操作与维护

7.4.3.1 保持-运行控制装置在安装、维护和操作时，应遵循制造商的建议正确操作。

应确保只有经过培训并具有资质的人员按照安全操作规程才能操作保持-运行控制装置。

7.4.3.2 保持-运行控制装置的选择应能受到用户的监督检查，以防止：

- 未经授权的选择；
- 在使用中取消选择保持-运行控制装置。

7.4.3.3 应确保机器控制系统的安全相关部件在机器安全防护被旁路时，只有一个保持-运行控制装置能够启动机器运行。该保持-运行控制装置应位于安全防护被旁路的危险地点内。

对于可能通过几个驱动控制器启动相同机器功能的场合，控制电路的设置应使所选定的控制器仅在给定的时间有效。

7.4.3.4 如果有多人暴露在危险中，应只允许一个人操纵保持-运行控制装置，并为其他所有人提供使能装置。

7.4.3.5 用户应确保每个保持-运行控制装置均能按照安全工作程序运行，并且在操作机器之前，应完成对机器所有必要的调整、维修和维护工作。

建立安全工作程序时宜遵循制造商的建议，并且在保持-运行控制装置直接控制的范围内，使用者还宜基于风险评估决定是否需要急停装置。

7.4.3.6 接口或机器控制系统的元件、组件或模块的设计和构造应符合风险评估确定的性能等级。

7.4.3.7 在下列情况下，7.4.3 的上述要求不适用：

- 如果保持-运行控制装置与使能装置一起使用且由同一个人操作；
- 保持-运行控制装置与保护装置一起使用时。

7.5 双手操纵装置

7.5.1 一般要求

7.5.1.1 双手操纵装置的选择、安全功能和控制类别要求应符合 GB/T 19671—2005 中第 4 章～第 6 章的规定。

7.5.1.2 除非双手操纵装置仅用于防止意外启动或者用作保持-运行控制装置，否则双手操纵装置应确保在达到安全状态之前，人员不能触及危险区。

7.5.1.3 双手操纵装置应确保只有操作者释放所有操纵执行器之后，再次致动操纵执行器件才能重新启动机器循环。

7.5.1.4 使用单循环模式的双手操纵装置，应具有防重复性能。

示例：对于双手触发装置，由双手触发和驱动或离合机构组成的综合系统的性能可以实现防重复功能。

7.5.1.5 当选择双手操纵装置(操作者工位)时，应给操作者提供指示其双手操纵装置处于已被选用还是未被选用状态的方式。

7.5.2 安装、操作与维护

7.5.2.1 双手操纵装置的操纵执行器与最近的危险区之间的距离应不小于根据附录 C 计算得出的最小距离，以使操作者在危险运动停止前不能触及危险区。

7.5.2.2 操作者应不能使用同臂上的手和肘部(或其他部位)操作操纵执行器。

示例：以不小于 550 mm 的直线距离分开操纵执行器。

7.5.2.3 如果采用双手操纵装置对一个以上的操作者进行安全防护，则每个操作者均应具有各自的操纵执行器，并且只有每个操作者同时操作操纵执行器，才能启动机器循环。

应给每个操作者提供指示其手动控制器处于已被选用还是未被选用状态的方式。

未选定双手操纵控制工位造成危险或危险状态，则应采取其他保护措施。

7.5.2.4 为确保操纵执行器正常工作，应定期测试或检验下列会导致其不能正常工作的影响因素：

- 弹簧磨损或破损情况；
- 是否存在杂质、污物或其他环境因素的影响；
- 驱动器的动作有否缓慢、粘滞或卡住现象；
- 停机时间是否与设定的时间一致；
- 是否存在错误的导通条件。

其他方面的测试或检验，以及有关测试和检验记录的要求见 9.2。

7.5.2.5 接口或机器控制系统的部件、组件或模块的设计和构造应达到风险评估确定的性能等级。

7.6 敏感保护设备

7.6.1 压敏垫与压敏地板

7.6.1.1 一般要求

7.6.1.1.1 压敏垫与压敏地板的设计与试验应符合 GB/T 17454.1—2017 中第 4 章和第 7 章的规定。

7.6.1.1.2 压敏垫或压敏地板应通过视觉或听觉信号方式指示其是否探测到其表面上有人员存在。宜提供指示灯(通常为红灯或绿灯)、显示器或仪表等指示压敏垫的运行状态。指示灯或其他指示装置可能与压敏垫或压敏地板是一个整体。

注：考虑到存在红绿色盲者，对于需要提供指示的场合，采用诸如明确定位、图形、标记或闪烁等指示方法可能更为有效。

7.6.1.1.3 压敏垫或压敏地板的最大响应时间不应受其物体分辨力或环境变化的影响。

压敏垫或压敏地板的制造商应给出包括压敏垫或压敏地板输出装置的最大总响应时间。

7.6.1.1.4 压敏垫或压敏地板本身不应产生诸如下列危险：

- 切割或切断；
- 滑倒或绊跌；
- 电磁干扰；
- 电击。

7.6.1.1.5 压敏垫或压敏地板的部件、组件或模块的设计和构造应达到风险评估确定的性能等级。

7.6.1.2 安装、操作与维护

7.6.1.2.1 应采用下列方式或方法(但不限于)对压敏垫或压敏地板的调整或配置予以控制：

- 采用钥匙操纵控制器；
- 将控制器用带锁的盖子盖住；
- 采用需要工具或密码才能访问的控制器。

调整或配置宜只能由授权人员执行。

调整或配置可使用诸如下列功能或方法：

- 抑制；
- 配置；
- 复位功能；
- 物体分辨力的调整。

7.6.1.2.2 人员应不可能在不踩踏压敏垫或压敏地板有效敏感区的情况下，从其上部、下部或周边进入危险区。这些区域应通过防护装置等其他安全防护措施来保护。

有效敏感区应具有足够的长度和宽度，使其能够探测到进入危险区的任何人员。

如果人员可以处于有效敏感区和危险区之间，压敏垫或压敏地板宜与补充防护联用以防止人员暴露于危险区。

7.6.1.2.3 压敏垫或压敏地板的位置应确保其有效敏感区能够防止人员在机器循环的危险阶段进入危险区。压敏垫或压敏地板距离危险区的安装位置应根据附录 C 规定的计算方法计算获得。

应确保只有经过授权的人员才可以重新定位安装压敏垫或压敏地板。

防止压敏垫或压敏地板意外移动的方法包括但不限于：

- 加固边缘；
- 修整边缘确保安全；
- 采用紧固件固定；
- 凹槽；
- 加大压敏垫或压敏地板的尺寸和重量。

7.6.1.2.4 在机器循环的危险阶段当探测到压敏垫或压敏地板的有效敏感区上有人员时，压敏垫或压敏地板应能通过触发机器控制系统的即时停机指令来保护人员，并应在启动或继续机器运动前对机器控制系统进行手动复位。

操作者应确保在压敏垫或机器控制器复位以前以及启动机器危险运动之前没有人员在安全防护区内。

复位装置应安装在安全防护区域的外面并且不能在安全防护区域内触及。只有经过检验确认安全防护区域内没有人员后才应对压敏垫或机器控制装置进行复位。

7.6.1.2.5 对于压敏垫或压敏地板在连接处使用感应条组合在一起连接的场合，应确保感应条下没有异物阻碍其启动。

7.6.1.2.6 压敏垫或压敏地板不应只通过指示人员处于相对危险的一个安全位置，就允许或能够启动或继续机器的危险运动。

注：基于下列三个主要原因，压敏垫或压敏地板不被用作使能信号：

- 在压敏垫或压敏地板上放置重物会旁路预期的安全功能；
- 压敏垫或压敏地板控制器的故障会导致虚假的使能信号；
- 为防止其他人员暴露于危险中，在压敏垫或压敏地板上的每一个人需要同时启动机器的危险运动。

7.6.2 压敏边

7.6.2.1 一般要求

7.6.2.1.1 压敏边的设计、试验与验证应符合 GB/T 17454.2—2017 中第 4 章和第 7 章的规定。

7.6.2.1.2 压敏边具有的最低物体分辨力应足以探测到处于其有效敏感区上任何位置的人。制造商应

标明启动压敏边所需的给定面积上力的量值或压力值。

如果未被旁路或抑制,当压敏边探测到有人存在时应改变其输出状态。

注:当压敏边被抑制时,其输出状态可能不改变。

7.6.2.1.3 压敏边应通过视觉和/或听觉信号指示是否探测到有效敏感区的触发信号。

宜提供指示灯(通常为红灯或绿灯)、显示器或仪表等可视手段用来指示压敏边的运行状态。可视装置可以与压敏边是一个整体或是接口/机器控制系统的一部分。

注:考虑到存在红绿色盲者,对于需要提供指示的场合,采用诸如明确定位、图形、标记或闪烁等指示方法可能更为有效。

7.6.2.1.4 压敏边的最大响应时间应不受其物体分辨力或环境变化影响。制造商应给出压敏边的最大响应时间。

7.6.2.2 安装、操作与维护

7.6.2.2.1 应采用下列方式或方法(但不限于)对压敏边的调整或配置予以控制:

- 采用钥匙操纵控制器;
- 将控制器用带锁的盖子盖住;
- 采用需要工具或密码才能访问的控制器。

调整或配置宜只能由授权人员执行。

调整或配置可使用诸如下列功能或方法:

- 抑制;
- 配置;
- 复位功能;
- 物体灵敏度的调整。

7.6.2.2.2 压敏边应具有足够大的有效敏感区以便能探测到暴露在危险区的人员。

应提供安全防护装置或补充防护措施以防止人员通过压敏边有效敏感区的上部、下部或周边进入危险区。

如果人员能处于有效敏感区和危险区域之间,压敏边宜与补充安全防护措施联用以防止人员暴露于危险中。

7.6.2.2.3 压敏边本身不应产生新的危险,如:

- 安装时压敏边与机器部件之间的接口产生的挤压危险;
- 电击危险。

应经常检查压敏边的敏感区,若发现敏感区有损坏的情况,在其修复或更换之前不应使用压敏边。

当压敏边与一个移动构件和一个固定构件或另一个移动构件一起使用时,应符合下列规定:

- 应确定移动构件的最大停止距离;
- 压敏边应具有超过移动构件最大停止距离的凹陷尺寸。

注:停止距离在某种程度上取决于压敏边和控制器的响应时间。

7.6.2.2.4 压敏边的敏感区应牢固安装在固定或运动的物体上以便能探测到出现在危险区的人员并启动停机指令。

对于在对人员的伤害发生前,运动物体的动量或力不能停止的场合,不应使用压敏边进行安全防护。

用户应确保只有经过授权的人员方可重新安置敏感区。

7.6.2.2.5 在机器的危险运动过程中,当压敏边的敏感区探测到有人存在时,压敏边应通过触发停机指令来保护人员,并应在启动或继续机器危险运动以前对机器控制系统进行手动复位。

7.7 有源光电保护装置

7.7.1 有源光电保护装置的设计与构造

7.7.1.1 有源光电保护装置(包括光电、射频和区域扫描存在感应装置)的设计和构造应产生一个有效敏感区以探测是否有人存在。有源光电保护装置本身不应产生危险。其设计和构造应确保没有下列诸如对人员产生伤害的危险:

- 切割、切断;
- 刺穿、挤压;
- 辐射或能量;
- 电磁干扰;
- 电击。

7.7.1.2 有源光电保护装置应具有一个最低物体分辨力,使得无论侵入平面处于何种角度,都会使一个尺寸相同或较大的障碍物在其有效敏感区的任何位置总会被探测到。

有源光电保护装置的最低物体分辨力应由制造商给出。射频(RF)存在感应装置应提供调整敏感区分辨力的方法,一旦进行了调整,就不应使敏感区分辨力低于这一设定的水平。

注:光电保护装置可以在检测区的任何位置检测到直径为 32 mm 的不透明物体,但允许在检测区的特定点检测不到直径为 25 mm 的不透明物体。

7.7.1.3 只要有源光电保护装置未被旁路或抑制,则当其探测到有人存在时,应确保改变其输出状态。

注:抑制可由装置、其接口、辅助控制器或机器控制系统完成。

7.7.1.4 应采用下列方式或方法(但不限于)对有源光电保护装置的调整或配置予以监督:

- 使用钥匙操纵的控制器或使用位于带锁盖子下的控制器;
- 需要工具或密码才能进入配置控制器的工位;
- 调整或配置宜只能由授权人员执行。

调整或配置可使用诸如下列功能或方法:

- 抑制;
- 屏蔽;
- 功率的调整;
- 敏感区的配置;
- 复位功能。

7.7.1.5 有源光电保护装置应结合可视的方式来显示在其有效敏感区内探测到的人员。

宜采用指示灯(通常为红灯或绿灯)、显示器或仪表等可视装置用来指示有源光电保护装置的运行状态。可视装置可能与有源光电保护装置是一个整体或是接口/机器控制系统的一部分。

注:考虑到存在红绿色盲者,对于需要提供指示的场合,采用诸如明确定位、图形、标记或闪烁等指示方法可能更为有效。

7.7.1.6 有源光电保护装置的最大响应时间不应受到物体分辨力或环境变化的影响。

制造商应给出有源光电保护装置的最大响应时间。

7.7.1.7 光电和区域扫描存在感应装置不应受到环境光或其光源特性变化的影响,从而导致响应时间增加或物体分辨力变化。

7.7.1.8 有源光电保护装置的部件、组件或模块的设计与构造应达到风险评估确定的风险减小水平。

7.7.1.9 区域扫描存在感应装置应提供一种方法或操作模式用于检验探测范围或区域的大小、形状和探测能力。

区域扫描存在感应装置的制造商应提供下列信息:

- 最大安全防护范围；
- 规定安全防护范围内的最低物体分辨力；
- 以角度表示的最大视场；
- 范围测量允差；
- 以物体反射率与距物体距离之比的相对值表示的探测能力。

更多信息见 GB/T 19436.1 和 GB/T 19436.2。

注：此类存在感应装置是基于漫反射原理工作的。当物体进入检测区域时，将传输的光反射回存在感应装置的区域扫描装置，然后确定物体的位置。

7.7.2 安装、操作和维护

7.7.2.1 应确保人员不能通过有源光电保护装置感应区的上部、下部或周边进入危险区而暴露于危险中。应提供安全防护装置或补充保护措施以保护这些区域。

注：可能需要有源光电保护装置与附加安全防护措施联用以实现本条要求。

7.7.2.2 有源光电保护装置的有效感应区应具有足够的高度、宽度和深度以使进入危险区的人员能够被探测到。

如果人员能够处于有效敏感区和危险区之间，则有源光电保护装置宜与附加安全防护措施联用以防止人员暴露于危险中。

当人员能够通过敏感区时，这被视为是边界安全防护。

7.7.2.3 有源光电保护装置应具有抗光干扰能力，在有下列反射光干扰的环境条件下应能正常工作。

有反射光的物体有(但不限于)：

- 机器表面；
- 工具；
- 工件；
- 手动工具；
- 辅助设备；
- 工装夹具等。

对于物体被放置在区域扫描存在感应装置界定的敏感区内的场合，应确保：

- 物体后面不存在阴影；
- 移除物体应经过检测方可进入危险区。

注：使用合适的测试棒测试与最低物体分辨力对应的每一种设置。

7.7.2.4 有源光电保护装置的安装不应产生新的风险，如：

- 有源光电保护装置和机器运动部件之间产生的挤压危险；
- 跌绊危险；
- 电击危险；
- 头顶或其他撞击危险；
- 热危险。

当存在上述危险时，可能需要附加安全防护措施。

7.7.2.5 有源光电保护装置的安装位置应确保其有效敏感区能防止人员在机器循环的危险阶段进入危险区。

与人体部位接近速度相关的最小距离应按附录 C 和 GB/T 23821 计算。

射频存在感应装置的有效敏感区不应受到下列因素的影响：

- 天线；
- 邻近机械和设备；

- 感应场物体分辨力的调整；
- 诸如湿度、温度等环境因素。

在机器用于生产之前,宜检查射频存在感应装置以确保其有效感应场能保护人员在安全距离以内。

7.7.2.6 有源光电保护装置的有效敏感区在机器循环的危险阶段被中断时,有源光电保护装置应通过启动机器控制系统的即时停机指令来防止人员暴露于危险中。机器启动或继续运行以前应需要重置到正常启动状态。

当人员能够穿过有源光电保护装置的有效敏感区时,有源光电保护装置应触发机器控制系统的即时停机指令,并应在危险状态发生之前需要手动复位有源光电保护装置或机器控制器。操作人员应确保在复位有源光电保护装置或机器控制器之前,或启动机器危险运动以前,安全防护的区域内无人员存在。

复位装置应位于安全防护区域之外,并使其在安全防护区域内不能被触及。只有经过检验确认安全防护区域里的人员已清空或无人,才能对有源光电保护装置或机器控制系统进行重置。

7.7.2.7 应提供敏感区被屏蔽的指示。对于固定的屏蔽,应能识别所屏蔽的区域。应提供补充安全防护措施,以防止通过固定屏蔽的区域进入危险区。

有源光电保护装置的屏蔽功能通过禁用一个或多个通道,使敏感区的一部分不敏感,从而使特定的中断被忽略。有源光电保护装置可提供固定屏蔽或浮动屏蔽。

浮动屏蔽允许屏蔽区在敏感区内移动。当使用浮动屏蔽,并且物体分辨力提高时,敏感区相对危险的距离应设置得较远些。

若配置了固定屏蔽,则屏蔽区就不再移动或改变了。识别屏蔽区的方法包括(但不限于):

- 有源光电保护装置中的指示器；
- 固定屏蔽区的标志或标记；
- 如果物体的运动或移除能被探测到并发出了停机指令,此时处于屏蔽区物体的物理位置。

补充安全防护的方式可能包括:

- 完全填充固定的屏蔽区以限制进入危险区；
- 基于最差条件的物体分辨力的距离安装有源光电保护装置；
- 提供替代的安全防护以防止进入危险区。

7.7.2.8 射频存在感应装置不应受到诸如环境条件、零件及其零件箱的摆放、操作者工位的地面条件或工程车的运动等机器周围环境变化的影响。

7.7.2.9 在测定的从最近识别的危险至探测范围或区域的距离中应包含区域扫描存在感应装置测量范围的综合允许误差。应对该探测区域进行识别和检测,以确保区域扫描存在感应装置能够探测到进入探测区域的人员。当区域扫描存在感应装置安装完成、更换后或探测区域发生变化时,应检验有效敏感区域的大小和覆盖范围。

当区域扫描存在感应装置水平安装时,宜在地面上清晰标示出探测范围或区域,并应通过使用编程装置或使用合适的测试棒物理识别探测区的边界,对探测区的实用性进行检验。

区域扫描存在感应装置不宜用作对人手或手指的安全防护。

8 补充保护措施

8.1 概述

补充保护措施是对第 5 章、第 6 章、第 7 章所述的安全防护的补充。

8.2 急停装置

8.2.1 急停装置的一般要求

急停装置不是安全防护装置,其实现的急停功能应满足 GB/T 16754—2021 中第 4 章的要求。

如果急停装置集成到机器的控制系统中,机器安全相关功能的性能应满足 GB/T 16855.1—2018 中第 5 章的要求。

急停装置的类型包括:

- 按钮操纵装置;
- 拉绳(拉线)操纵装置;
- 没有机械防护装置脚操纵装置;
- 杆操纵装置;
- 推杆操纵装置。

8.2.2 设计与构造

8.2.2.1 一般要求

急停装置应由单人手动启动,并立即触发停机指令。

急停指令要求如下:

- a) 中断所有危险运动模式中的所有其他功能和操作;
- b) 尽快切断发生险情的机器致动器的电源,且不应造成其他危险;
- c) 如果装置没有闭锁功能,则应有复位功能;
- d) 复位时不应重启机器的危险运动;
- e) 持续到复位为止。只有在已启动指令的位置才能进行复位。指令复位不应重启机械,但只允许重启。

注 1: 复位装置能够复位急停装置或拉绳/拉线装置。复位装置通常是一个扭转或拉拽动作。

所有急停装置和急停指令复位之前,应不能重启机器。

应提供连接附加急停装置的预防措施。

急停指令应为 0 类或 1 类停止。停机指令类别的选择应依据风险评估确定。

注 2: 0 类停止是通过立即切断机器致动器电源的一种不受控停止;1 类停止是使用机器致动器能够完成的,当停止后再切断电源的一种受控停止。

0 类或 1 类停止应通过切断相关电路的操作,并应转换为人控其相关的启动功能。

如果 0 类或 1 类停止会导致失控的运动或危险,机器致动器应具有保持或制动功能。

紧急停机指令的接口连接不应安全防护装置及其电路的安全性能产生不良影响。

机器致动器电力的最终断开应采用按照有关安全标准设计的用于安全相关功能的机电器件或固态输出装置。

继电器用于完成 0 类停止功能时,应是非记忆(非闭锁)继电器。

急停致动器应为红色,而且其红色不应取决于致动器的照明。

8.2.2.2 按钮型急停装置

按钮型急停装置应自锁式,且具有直接开启操作功能。

按钮式急停装置应为红色。按钮周围背景和用作急停装置的断开开关致动器应为黄色。

按钮操作装置的致动器应是掌型或蘑菇头型,当按下时应引起紧急停机。

急停装置不应是平的或膜式开关或基于触摸屏(HMI)或平板显示器上的软件应用的图标。

8.2.2.3 拉绳或拉线式急停装置

拉绳或拉线式急停装置应:

- 提供驱动后需要手动复位的闭锁功能;
- 具有直接开启操作;

- 检测拉绳或拉线的松弛状态或是否存在断裂危险；
- 具有对任何方向的力作出反应的能力。

注 1：红色是拉绳或拉线式急停装置的致动器的颜色。

注 2：红色是拉绳或拉线以及识别拉绳或拉线的任何标志或标识的颜色。

8.2.2.4 脚踏式急停装置

脚踏式急停装置应是自锁式，且具有直接开启操作功能。

脚踏式急停装置的致动器应为红色。

致动器不应有机械防护装置，并应在按下时引起紧急停机。

脚踏装置的底座应是防滑的或永久安装的。

用作急停装置的脚踏式装置致动器的周围背景宜为黄色。

注：红/黄组合颜色是紧急停机和紧急关闭装置的专用色。

8.2.2.5 杆式操作急停装置

杆式操作急停装置应具有直接开启操作功能。

杆式操作急停装置的驱动器应为红色。

8.2.2.6 推杆操作急停装置

推杆操作急停装置，应是自锁式，且有直接开启操作功能。

推杆操作急停装置的驱动器应为红色。

推杆的致动器应具有足够的强度和刚度。在驱动过程中不应出现弯曲、偏转和断裂等现象，并应满足预期使用要求。

如果使用限位开关，开关的机械连杆或致动器应是柱塞或键控杆臂，并应将其安置在主动工作模式下。有关本质安全设计方面的考虑见 GB/T 15706—2012 中 6.2。

8.2.3 安装、操作和维护

8.2.3.1 一般要求

急停装置不应用于替代本质安全防护措施。

急停装置应是可持续操作的、明确可辨、清晰可见且易接近的。

急停装置的致动器（包括拉绳/拉线装置的绳或线、脚踏式装置、杆操作装置的致动器）的颜色应为红色。

按钮周围背景和用作急停装置的断开开关致动器的颜色应为黄色。

急停装置应安置在每个具有过程控制的操作人员易于接近的位置，以及经风险评估需要紧急停机的其他位置。

急停装置应不设防护措施。如果有必要对急停装置的无意操作进行防护，宜采取不妨碍对致动器有意操作的其他防护措施。

对于能断开电缆或无线操作的操作者控制工位的设计不应使急停装置被误认为是激活的，或不具有急停装置。

应根据风险评估确定的适当的时间间隔，但周期不宜超过一年，对急停装置是否处于正常工作状态进行测试或检验。

8.2.3.2 按钮式急停装置

按钮式紧急停机操作的安装应确保其畅通无阻，且可以用手掌驱动。

宜防止障碍物落在或留在装置上或其后面,阻碍驱动。这些措施包括但不限于装置的物理设计、安装、培训、标牌等。

8.2.3.3 绳索或拉线式急停装置

绳索或拉线式急停装置应:

- a) 有刚性的安装点,包括支撑点;
- b) 易触及且在其驱动长度上可见;
- c) 不通过导管或其他管道走绳/线;
- d) 将开关或绳/线的锚点牢固安装在能够承受绳索恒定张力的表面上;
- e) 安装后能够对风险评估确定的任何方向的力作出反应(不适用于主绳、线向下拉);
- f) 尽量减少摩擦力和方向变化;
- g) 遵循制造商的建议操作完成下列各项:
 - 1) 最大绳长;
 - 2) 绳/线支架的定位;
 - 3) 张力调整方法的类型(如弹簧和螺丝扣);
 - 4) 绳/线的类型和设计;
- h) 提供绳/线的恒定张力。

不宜使用没有机械制动、限制行程且连接在绳/线上的重物,或人员的拉力可以拉动的重物,以避免提供不可靠的驱动。

在锚点使用重物或弹簧时,需要注意限制拉力和行程。

8.2.3.4 脚踏式急停装置

脚踏式急停装置应:

- a) 易接近且是可见的;
- b) 采用下列方法最大限度地减少绊倒风险:
 - 1) 保护或固定电缆;
 - 2) 位于人员活动或通行区域之外;
 - 3) 色彩与环境有较大的对比度;
 - 4) 安装在行走面以上。

8.2.3.5 杆式操作急停装置

对于杆式操作急停装置:

- a) 应易接近且是可见的;
- b) 如果没有黄色背景,应明确标识;
- c) 如果没有闭锁功能,则应具有复位功能,而且复位装置应位于与杆式操作急停装置相同的位置。

8.2.3.6 推杆式急停装置

对于推杆式急停装置:

- a) 应易接近且是可见的;
- b) 应确定启动方向;
- c) 其本身不应产生危险。



8.3 上锁/挂牌

采用上锁/挂牌控制危险能量时,应符合 GB/T 33579—2017 中第 6 章的规定。

8.4 固定式接近设施

8.4.1 一般要求

机器全生命周期内,对于可预见需要接近的干预区域或位置,如安装、进料和维护等,如果无法从地面、地板或平台直接接近机器,应设置安全便捷的固定式接近设施,如楼梯、阶梯、工作平台、固定式直梯等。

8.4.2 优选的接近设施

机器全生命周期内,对于可预见需要接近的干预区域或位置,如安装、进料和维护等,如果无法从地面、地板或平台直接接近机器,应设置安全便捷的固定式接近设施,如楼梯、阶梯、工作平台、固定式直梯等。

接近设施应按以下顺序进行选择:

- a) 从地面或地板直接接近;
- b) 坡道或楼梯;
- c) 阶梯或固定式直梯。

注:固定设施的选择及接近的一般要求见 GB/T 17888.1—2012 中第 6 章。

8.4.3 接近设施的要求

接近机械的固定设施:

- 工作平台和通道应符合 GB/T 17888.2 的规定;
- 楼梯、阶梯和护栏应符合 GB/T 17888.3 的规定;
- 固定式直梯应符合 GB/T 17888.4 的规定。

8.5 停机性能监控

8.5.1 停机性能监控系统的功能是指示机器停机性能的恶化情况。停机性能监控系统的设计、构造、安装和使用应确保在机器的停机时间已经恶化到在安全距离起不到安全防护作用时,仍能防止后续的正常机器循环的启动。

全系统停机性能和最小距离应按 GB/T 19876—2012 中 5.1 和 5.2 确定。

注:突发失效时,停机性能监控可能无法防止重复。

8.5.2 停机性能监控应能表明停机性能已经恶化到超过了规定的参数值。

8.5.3 停机性能监控的元件、组件或模块,其设计和构造应达到风险评估确定的安全性能水平(降低风险)。

8.5.4 如果停机性能监控安装到采用安全防护的机器上,下列情况下应重新计算安全距离:

- 循环停机点或上停机命令点被重新调整;
- 停机性能时间或角度被重新调整。

由于上述情况导致停机时间发生改变时,可能需要改变上极限位置,重新调整停机性能监控或停机机构。调整后,宜重新计算安全距离。需要时,宜重新定位安全防护装置以确保机器的安全运行。

安全防护的安装位置应不大于重新计算的安全距离。

以下因素可能影响停机时间:

- 离合气源供给;
- 平衡器气源供给;

- 停止液压机器时,为避免液压增压过度的安全阀设置;
- 装置重量要求;
- 机器循环速度;
- 刹车磨损;
- 离合器磨损调整;
- 尾气排放限制;
- 伺服电机驱动调谐。

应对停机性能监控的调整或配置进行监督检查。监督检查的方法包含但不限于:

- 使用钥匙操作控制器;
- 检测位于可封闭封盖下方的控制器;
- 检测需要工具或密码进入的控制器。

注:由经过授权的人员执行调整和配置。

8.6 过程故障的检测和监测设备

因安全相关目的而用来停止机器或过程的过程故障检测和监测设备满足下列要求:

- 此类设备或机器控制系统在检测到故障后应防止机器运动或循环意外继续;
- 检测到故障后,此类设备应能在操作者的工位上重新启动机器系统;
- 此类设备宜适用于探测部件弹出、错送、过载或其他类似故障。

注:过程故障的检测和控制装置不是安全防护装置,但可以减小引入危险的可能性。

8.7 零速(监控)装置

当需要提升或确保安全防护装置的正确操作功能时,旋转运动的零速监控有下列两种基本方法:

- 只有在合理地排除直接驱动负载的解耦时,才能使用驱动电机的监控;
- 应在皮带或链条驱动的负载上监控负载侧。

零速(监控)装置的速度监控电路的设计和构造应达到风险评估确定的性能等级。

8.8 安全块、滑动锁、链锁、锁销和限位/闭锁销

8.8.1 设计与构造

8.8.1.1 一般要求

安全块、滑动锁、链锁、锁销和限位/闭锁销或其他限制危险运动机构应与机器联锁,以防止机器危险运动的启动,并且其设计、构造和安装满足下列要求之一:

- a) 该机构安装就位后应能承受机器启动时所能产生的机器和工具构件的满负荷工作力;
- b) 与机器联锁,以防止机器从其配载位置移出时启动危险运动,其设计和构造应能承受最大预期负荷。

8.8.1.2 材料

构造机械装置所用的材料在额定负荷下不应失效。

基于预期的最大负荷,这些装置的安全系数最小应为2。

注1:安全系数的取值通常综合考虑额定负荷、机器致动器、静态或动态工况、锁定机构的设计和构造以及滥用或误用的可能性而定。

注2:安全系数的取值通常还考虑所使用的材料,以及制造过程中的不一致性(如空隙、工艺偏差、壁厚变化、缺陷等)。

8.8.1.3 可视化指示方式

应采用可视化方式来指示锁定机构即时处于的工作状态:是完全接合,还是脱开状态。宜采用的可

视方式,例如:

- 指示灯;
- 机械指示器;
- 电子指示器,如 LED 指示灯、人机界面(HMI)等;
- 机电联合指示装置;
- 视觉/摄影系统;
- 在操作工位目视观察等。

8.8.1.4 电力和流体动力要求

8.8.1.4.1 遵循 8.8.1.1 b),应使设计的电气联锁要在其配载位置移出锁定机构的销子,满足此要求的条件如下:

- 在离合器制动驱动的机器上,先使离合器脱开,制动器接合,再切断主驱动电机的电源;
 - 在直接驱动的机器上,直接切断驱动电机的电源,当使用时,将制动器接合;
 - 在以液压或气动为动力的机器上,要切断能够引起闭合运动的电路或流体动力回路。
- 在不断开联锁装置的情况下,不宜将锁定/限位机构放置到机器的任何部分。

8.8.1.4.2 联锁方式的设计应使用户能够在其使用状态下人为保护系统安全。

8.8.1.4.3 用于监视锁定机构或锁定销位置以及控制运动的电力和流体动力部件的设计和构造,其风险减小应达到经过风险评估确定的安全性能等级。

8.8.2 安装与维护

此类机构安装到机器上以后,当其支承机器、机器部件或其他附件时不应被拆除或产生新的危险。

此类机构联锁系统的位置与使用区域应有足够的距离,以确保在没有断开可能会产生危险运动的动力源的工况下该机构不能够被误用。

8.8.3 检验要求

提供约束危险运动的机构的供应商应制定并编写包括机械类型、检测频次和周期检验等完整的程序文件和规程。

程序文件和规程的示例如下:

- 机械系统和部件的目测检查,如齿轮、销、衬套、紧固件、螺栓和计量器具;
- 安全关键部件(如销)的无损检验要求;
- 运行检查和检测(如故障信息查证、组件功能测试);
- 预防性维护和预见性维护;
- 电气诊断检查-审查供应商的建议。

8.9 工件夹具

工件夹具不应:

- 对人员产生危害;
- 减小安全防护(装置或方法)的效果;
- 降低机器安全运行时所需的加工区的可见度。

工件夹具的设计、构造、安装和使用宜尽量避免在危险区使用双手操作。

8.10 手持工具

手持工具应有足够的长度和正确的配置以使人员的手能保持在危险区之外。

手持工具本身不应产生新的危险。制作手持工具的材料应具有足够的强度,应确保其在使用过程中不发生破坏,而对人员造成伤害。

手持工具的设计应考虑人类工效学原则,应避免给使用者的手、肘、手臂和肩膀造成疲劳和压力。

9 使用信息

9.1 一般要求

安全防护的使用信息应满足 GB/T 15706—2012 中 6.4 的要求。

9.2 安全防护的检验与维护

用户应记录安全防护的检验和维护情况并形成文件。

安全防护技术文件应至少包括:

- 安全距离计算;
- 控制原理图;
- 软件程序;
- 定期维护检查记录。

用户应向维护人员提供用于保护人员避免遭受与机器相关危险的所有安全防护的维护说明书、建议和程序。

用户应确保对安全防护进行维护和检验,并确保对负责安全防护的维护和检验人员进行初始培训使其保持持续胜任的能力。

用户应制定对安全防护进行常规检查、检测和定期检验的程序文件。而且应保存每次检查、检测和检验的记录。

因对机器的安全防护进行维护/维修而需要拆除或禁用其安全防护时,应采取另外的保护措施以保护人员安全。

9.3 培训

用户应为操作人员、辅助人员、维护人员、监管人员以及可能暴露于机器危险中的其他人员制定相应的培训计划。

当编制培训计划时,宜考虑安全防护供应商的说明、建议以及安全防护的类型和规格等。

培训宜至少包括以下内容:

- 安全防护的类型;
- 安全防护的性能/可选项;
- 有关特定应用和危险的安全防护的描述;
- 安全防护的功能;
- 安全防护的正确安装和操作;
- 安全防护的功能测试;
- 安全防护的限制;
- 安全防护的非正常或意外操作。

用户应确保对上述人员按所制定的培训计划进行培训。

对于接受以上培训的人员,用户应检验他们对培训知识和技能的掌握程度并使其保持持续胜任的能力。

附录 A

(资料性)

安全防护的应用场合与特征

表 A.1 中列出了安全防护的应用场合与特征,但并非是包括全部安全防护的完整列表,仅给出了表中所列安全防护和辅助设备的潜在应用与性能的附加资料或指南。

表 A.1 安全防护的应用场合与特征

安全防护	应用场合 (对应安全防护的危险区域)	特征
固定式 防护装置	<ul style="list-style-type: none"> ——在机器的正常工作过程中,不要求人员进入危险区; ——因需要送进或取出物料、工件、废料,要求隔离防护的开槽、开口尺寸或位置不准许身体部位触及危险区 	<ul style="list-style-type: none"> ——在所安全防护的危险区附近保护人员; ——防止身体部位触及危险区; ——通过保护装置开槽或开口的位置和大小来防止进入; ——防止身体部位通过保护装置开槽或开口,即使材料、工件或碎片不在位; ——通过需要使用工具来移除保护; ——与所安全防护的人员毫不相关,除非他们移除它
联锁防护装置	因需要变换或调整工具,更换线圈,清除废料等,要求常规进入危险区	<ul style="list-style-type: none"> ——在所安全防护的危险区附近保护人员; ——与所安全防护的人员毫不相关; ——当联锁装置检测到允许访问的开放条件时,中断或阻止机器循环
可调式 防护装置	<ul style="list-style-type: none"> ——在机器正常工作过程中,不要求人员进入危险区。 ——因需要送进或取出物料、工件、废料,要求隔离防护的开槽、开口尺寸或位置不准许身体部位触及危险区 	<ul style="list-style-type: none"> ——在所安全防护的危险区附近保护人员; ——通过可调式防护装置的定位防止进入; ——防止身体部位通过可调式防护装置开槽或开口,即使材料、工件或碎片不在位; ——与所安全防护的人员毫不相关; ——依赖于对安装人员进行有效安全防护的培训和监督
双手操纵装置	在机器正常工作过程中需要一个或多个人员进入危险区	<ul style="list-style-type: none"> ——只有在人员操纵装置时起保护作用; ——在机器循环的危险阶段,要求连续驱动控制装置; ——当释放控制装置时,中断机器循环的危险部件; ——在操作人员和正在进行的操作之间无障碍; ——需要放置在安全跨度,这可能会影响生产力
最小距离防护	在机器循环的危险阶段,工件的定位和操作人员的位置排除了操作人员处于或接近危险区的需要	<ul style="list-style-type: none"> ——在机器的危险运动过程中,要求操作人员只有保持在离危险区具有安全距离的某个位置才起到保护作用; ——依赖于人员与工件的相互作用; ——依赖于对安装和监督人员进行的培训和监督
安全开口防护	在机器正常工作过程中,工件就位时,延伸保护装置,防止人员触及危险区域	<ul style="list-style-type: none"> ——将工件放置在适当位置时,在所安全防护的危险区附近保护人员; ——与所安全防护的人员毫不相关

附 录 B

(资料性)

安全防护相关的危险清单

B.1 本附录列出了有关安全防护设计与构造、安全防护装置、警示装置及其安装、维护与使用中执行安全相关功能操作和安全防护方法可能存在的潜在危险(但不包括机械设计、构造、维护和使用中的危险)清单。

与安全防护有关的危险可能包括:

- a) 挤压或剪切危险;
- b) 螺栓、紧固件或其他部件的松动或破损造成的危险;
- c) 外部动力源的损耗或干扰危险;
- d) 由电动装置、气动或液压部件故障导致的危险;
- e) 危险能源;
- f) 干扰造成的:
 - 1) 电磁辐射和抗挠度危险;
 - 2) 静电放电危险;
- g) 冲击、振动危险;
- h) 与温度、湿度、空气污染、噪声、光、液体等环境因素有关的危险;
- i) 与人为因素有关的危险;
- j) 电击危险。

B.2 与安全防护装置的安装有关的危险可能包括:

- a) 与工作区域有关的危险;
- b) 危险能源危险;
- c) 工作表面有关的危险;
- d) 与维修保养有关的危险;
- e) 与易接近性、空间局限性有关的危险。

B.3 与安全防护装置的集成和启动有关的危险可能包括:

- a) 安全防护装置和机器间的挤压点或剪切点造成的危险;
- b) 与重新安装和定位不当有关的危险;
- c) 与动力源的不当选择和连接有关的危险;
- d) 与机器控制系统接口不当有关的危险;
- e) 机器运动产生的危险;
- f) 电击危险;
- g) 与确认过程有关的危险;
- h) 与安全防护装置和机器及其辅助装置之间的相互作用有关的危险;
- i) 与人为因素有关的危险。

B.4 与安全防护使用有关的危险可能包括:

- a) 与安全防护的不当安装和调整造成的危险;
- b) 与安全防护功能有关的危险;
- c) 与安全防护不充分有关的危险;
- d) 安全防护操作时与便携工具箱、工件夹具台面、工件等之间的磕碰有关的危险;
- e) 与维修保养有关的危险;

f) 与人为因素有关的危险。

B.5 与安全防护的维护有关的危险可能包括：

- a) 与储存的能量有关的危险；
- b) 与不充分的测试程序或不当的试验或检验方法有关的危险；
- c) 与工作程序有关的危险；
- d) 与维修保养有关的危险；
- e) 与人为因素有关的危险。



附 录 C

(规范性)

与人体部位接近速度相关的最小距离的计算方法

C.1 概述

本附录基于人体部位接近速度数值的参数给出了从探测区或安全防护装置的致动装置到危险区的最小距离计算方法。

注：与最小距离计算相关的术语和定义见 GB/T 19876。

C.2 最小距离通用计算公式

最小距离按公式(C.1)计算：

$$S = (K \times T) + C + Z \quad \dots\dots\dots(C.1)$$

式中：

- S ——最小距离,单位为毫米(mm)；
- K ——根据人体或人体部位接近速度数据导出的参数,单位为毫米每秒(mm/s)；
- T ——全系统停机性能,单位为秒(s)；
- C ——侵入距离,单位为毫米(mm)；
- Z ——安全系数补偿,单位为毫米(mm)。

C.3 接近速度(K)

K 是一个速度参数值,是指人体或人体部位接近危险区的移动速度。在确定 K 值时,应考虑以下因素：

- 手和手臂的移动；
- 肩部或身体扭动；
- 弯腰；
- 步行。

接近速度(K)值通常取 1 600 mm/s,但在某些情况下取值也可能大于 1 600 mm/s,见GB/T 19876—2012 中 6.2.3。

只有风险评估确认有效且做了明确记录,并且通过建模和试验验证可将风险减小至可接受水平,接近速度(K)值才能小于 1 600 mm/s。

C.4 全系统停机性能

C.4.1 一般要求

全系统停机性能至少由两个阶段组成。两个阶段的关系用公式(C.2)表示：

$$T = T_1 + T_2 \quad \dots\dots\dots(C.2)$$

式中：

- T ——全系统停机性能；
- T₁ ——启动安全防护装置到机器控制系统发出停机信号的最长时间；
- T₂ ——停机时间(即机器收到停机信号后终止危险机器功能所需要的最长时间)。T₂ 应包含机器控制系统的响应时间。

T_1 和 T_2 分别是 SRP/CS 和机器停机性能的函数。在确定和计算 T_1 和 T_2 时宜考虑诸如温度、阀门开关时间、元件老化等各种因素的影响。

图 C.1 示出了 T_1 与 T_2 之间的关系。 T_1 和 T_2 的时长由设计确定,并通过测量进行评价。对 T_1 和 T_2 进行评价时,宜考虑因测量、计算和/或结构造成的不确定度。

T_1 通常可根据 SRP/CS 的组成,分别确定 SRP/CS 的传感器(输入)响应时间(T_I)、SRP/CS 的控制单元(逻辑)响应时间(T_L)和 SRP/CS 的执行器(输出)响应时间(T_O), T_1 按公式(C.3)计算:

$$T_1 = T_I + T_L + T_O \quad \dots\dots\dots (C.3)$$

式中:

T_I ——SRP/CS 的传感器(输入)响应时间;

T_L ——SRP/CS 的控制单元(逻辑)响应时间;

T_O ——SRP/CS 的执行器(输出)响应时间。

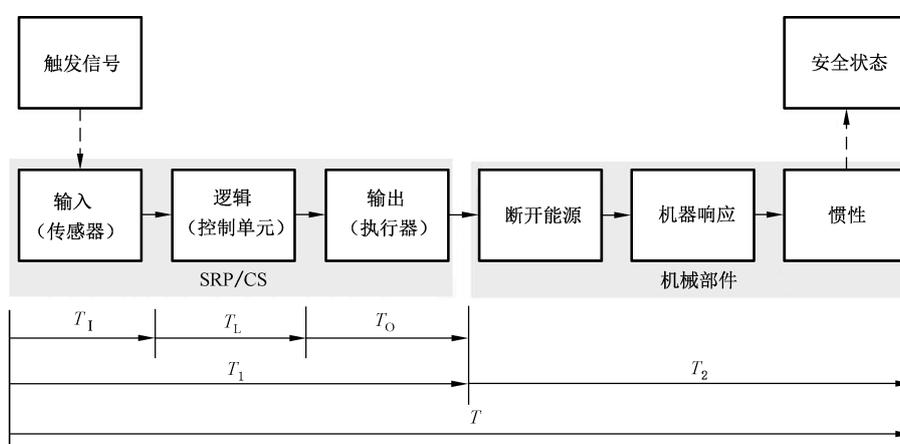


图 C.1 T_1 和 T_2 之间的关系

C.4.2 传感器响应时间

传感器响应时间(T_I)是安全防护装置的传感器(如光幕、压敏垫、压敏边等)检测到人员或人体部位存在,或者人体部位不存在(通过双手按钮发出)等信号到状态改变的延迟时间。 T_I 的值由制造者给出。

C.4.3 控制单元响应时间

控制单元响应时间(T_L)是安全控制系统的控制单元(如安全继电器等)检测到来自传感器的信号到状态改变的延迟时间。 T_L 的值由制造者给出。

C.4.4 执行器响应时间

执行器响应时间(T_O)是安全控制系统的控制单元(如安全继电器等)发出的信号到执行器失能的延迟时间。

C.4.5 机器响应时间

机器的响应时间(T_2)为下列时间之和:

- 断开离合器的时间;
- 施加制动的时间;

——将危险运动制动直至安全状态的时间。

C.5 侵入距离

侵入距离(C)与如何使用安全防护装置有关,是指人体部位(通常是手)在安全防护装置启动之前越过安全防护装置向危险区移动的距离。针对特定类型和特定配置的保护装置,侵入距离 C 见 GB/T 19876—2012 中第 6 章~第 9 章。

C.6 安全系数补偿(Z)

根据安全防护装置的具体应用,可能某些应用需要进行安全系数补偿。

安全防护装置的制造者应给出有关安全系数补偿(Z)的指南。

下面给出根据下列应用场合所做的安全系数补偿(Z)及其计算示例:

- 测量误差(Z_M);
- 反射测量误差(Z_R)(对于采用反光镜的有源光电保护装置,此补偿系数是必需的);
- 运动设备离地高度补偿(Z_F)(在光电保护装置检测到脚部以上的人体部位并发出停机指令时,并未考虑脚的高度,因此,在运动设备没有足够的离地高度时,脚部可能受到伤害);
- 运动设备制动系统制动性能下降补偿(Z_B)。

在计算最小距离时,安全系数补偿 Z 按公式(C.4)计算:

$$Z = Z_M + Z_R + Z_F + Z_B + \dots + Z_n \quad \dots\dots\dots (C.4)$$

参 考 文 献

- [1] GB/T 5226.1—2019 机械电气安全 机械电气设备 第1部分:通用技术条件
- [2] GB/T 17888.1—2020 机械安全 接近机械的固定设施 第1部分:固定设施的选择及接近的一般要求
- [3] GB/T 19436.1—2013 机械电气安全 电敏保护设备 第1部分:一般要求和试验
- [4] GB/T 19436.2—2013 机械电气安全 电敏保护设备 第2部分:使用有源光电保护装置(AOPDs)设备的特殊要求
-